

PAT-NO: JP404271284A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04271284 A
TITLE: ELECTROSTATIC ACTUATOR
PUBN-DATE: September 28, 1992

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
NISHIGUCHI, NOBORU
HIGUCHI, TOSHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD N/A
HIGUCHI TOSHIRO N/A

APPL-NO: JP03029728
APPL-DATE: February 25, 1991

INT-CL (IPC): H02N001/00
US-CL-CURRENT: 310/309

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide an electrostatic actuator in which the distance between the stabilizing positions of mover can be set accurately, driving voltage can be controlled easily, and the reference position can be set accurately with high reproducibility.

CONSTITUTION: A stator 2 comprises a large number of stator electrodes 21 arranged unilaterally at predetermined intervals. A mover 1 comprises a large number of mover electrodes 11 arranged in the same direction as one stator electrodes 21 at predetermined intervals. A DC power supply 5 is connected through a switch element 4 to the mover electrodes 11 and the stator electrodes 21 thus applying a plural polarity driving voltage onto the mover electrode 11 and the stator electrode 21. The driving voltage has a plurality of phases and produces a Coulomb's force, for moving the mover 1 with respect to the stator 2, between the mover electrode 11 and the stator electrode 21.

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-271284

(43)公開日 平成4年(1992)9月28日

(51)Int.Cl.⁵

H02N 1/00

識別記号

庁内整理番号

8525-5H

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平3-29728

(22)出願日 平成3年(1991)2月25日

(71)出願人 00005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(71)出願人 000235576

樋口 俊郎

神奈川県横浜市港北区茅ヶ崎南4-14-1
-109

(72)発明者 西口 登

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株
式会社内

(72)発明者 樋口 俊郎

神奈川県横浜市港北区茅ヶ崎南4-14-1
-109

(74)代理人 弁理士 石田 長七 (外2名)

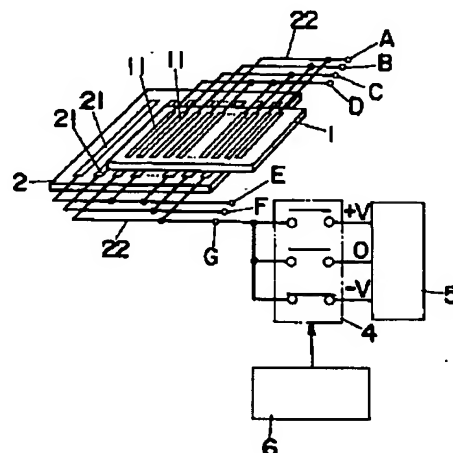
(54)【発明の名称】 静電アクチュエータ

(57)【要約】

【目的】可動子の安定位置間の距離が正確に設定できるとともに駆動電圧の制御が容易であって、しかも、基準位置を再現性よく正確に設定できるようにした静電アクチュエータを提供する。

【構成】固定子2は、一方向に所定間隔で配列した多数の固定子電極21を備える。可動子1は、固定子電極21の配列方向に所定間隔で配列した多数の可動子電極11を備える。可動子電極11および固定子電極21に、スイッチ要素4を介して直流電源5を接続することにより、可動子電極11および固定子電極21に複極の駆動電圧を印加する。駆動電圧は複数相であって、可動子1が固定子2に対して移動するようなクーロン力を可動子電極11と固定子電極21との間に発生させる。

1 可動子
2 固定子
4 スwitch要素
5 直流電源
8 切換制御部
11 可動子電極
21 固定子電極



【特許請求の範囲】

【請求項1】 多数の固定子電極を一方向に所定間隔で配列したフィルム状の固定子と、絶縁体層を介して固定子電極に対向して配置される多数の可動子電極を上記一方向に所定間隔で配列したフィルム状の可動子と、可動子電極と固定子電極との間に生じるクーロン力により可動子が固定子に対して上記一方向に移動するように固定子電極および可動子電極に複数相の駆動電圧を印加する駆動電圧制御手段とを備え、固定子電極と可動子電極との配列間隔は互いに異なる寸法に設定され、固定子電極への駆動電圧と可動子電極への駆動電圧とは異なる相数に設定されて成ることを特徴とする静電アクチュエータ。

【請求項2】 駆動電圧制御手段は、複極の駆動電圧を出力するとともに各固定子電極および各可動子電極に印加する各相の駆動電圧の極性の組を順次切り換えて可動子を固定子に対して移動させるのであって、各組の駆動電圧の印加を開始した時点で生じるクーロン力の合成成分が、固定子と可動子との対向面に直交する方向では反発力になるように各相の駆動電圧の極性が設定されて成ることを特徴とする請求項1記載の静電アクチュエータ。

【請求項3】 固定子および可動子は、それぞれ絶縁基板と絶縁基板の表裏両面を全面に亘って覆う一對の絶縁体層との間にそれぞれ導電体層を積層した多層配線板よりなり、絶縁基板の表裏の一面の導電体層に固定子電極または可動子電極となる導電パターンが形成され、各導電体層には固定子電極または可動子電極を各相ごとにまとめて接続する給電ラインが形成されて成ることを特徴とする請求項1記載の静電アクチュエータ。

【請求項4】 各固定子電極および各可動子電極は、それぞれ直線状の電極素片の一端同士を所定の角度で連結した形状に形成されて成ることを特徴とする請求項1記載の静電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、固定子と可動子との間に作用するクーロン力により可動子を移動させる静電アクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、クーロン力を用いた静電アクチュエータとしては、図12に示すように、多数の固定子電極21を一方向に配列した固定子2と、固定子電極21の配列面に対向する誘電体層もしくは高抵抗体層15を備えた可動子1と、各固定子電極21に複数相の駆動電圧を印加する駆動回路とを設けたものがある（特開昭63-95860号公報、特開平2-285978号公報参照）。

【0003】 すなわち、固定子電極21に駆動電圧を印加することによって可動子1の誘電体層もしくは高抵抗

層15に静電誘導された電荷と、固定子電極21の電荷との間に作用するクーロン力により可動子1が移動するものである。ここに、固定子電極21は駆動電圧と同じ相数になるように接続されている。特開昭63-95860号公報には、駆動電圧を単極とし、固定子と可動子との間に吸引力のみを作用させるように駆動電圧の印加タイミングを設定したものと、駆動電圧を複極とし、固定子と可動子との間に吸引力および反発力を作用させるように駆動電圧の極性および印加タイミングを設定したものが開示されている。また、特開平2-285978号公報には、図12(b)に示すように、可動子1が移動を開始する際には、固定子2と可動子1との対向面に直交する方向のクーロン力が反発力になるように駆動電圧の極性を設定したものが開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記両公報に記載された静電アクチュエータは、可動子1に静電誘導された電荷と、固定子電極21の電荷との間のクーロン力を利用して可動子1を移動させるものであるから、可動子1を移動させるために固定子電極21に駆動電圧を印加すると、可動子1が次の安定位置に移動するまでの間に可動子1の誘電体層や高抵抗層15の中で電荷の移動が生じたり、不要な分極が生じたりする場合がある。このような現象が生じると、可動子1の安定位置の間の距離が一定せず、乱調や脱調の原因になる。

【0005】 こうした問題を解決するには、誘電体層や高抵抗層15に電荷の移動度が小さい材料を用いることが考えられるが、可動子1に電荷が誘導されていない初期状態から駆動しようとするれば、可動子1に電荷が誘導されるまでに時間遅れが生じるから、初動時と定常動作時とで駆動電圧を変えることが必要になり、制御が複雑になるという問題がある。さらに、可動子1の任意の位置に電荷を生じさせることができるから、基準位置を再現性よく設定することができないという問題がある。

【0006】 本発明は上記問題点の解決を目的とするものであり、可動子の安定位置間の距離が正確に設定できるとともに駆動電圧の制御が容易であって、しかも、基準位置を再現性よく正確に設定できるようにした静電アクチュエータを提供しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 請求項1では、上記目的を達成するために、多数の固定子電極を一方向に所定間隔で配列したフィルム状の固定子と、絶縁体層を介して固定子電極に対向して配置される多数の可動子電極を上記一方向に所定間隔で配列したフィルム状の可動子と、可動子電極と固定子電極との間に生じるクーロン力により可動子が固定子に対して上記一方向に移動するように固定子電極および可動子電極に複数相の駆動電圧を印加する駆動電圧制御手段とを備え、固定子電極と可動子電極との配列間隔は互いに異なる寸法に設定され、固定子

3

電極への駆動電圧と可動子電極への駆動電圧とは異なる相数に設定されているのである。

【0008】請求項2では、駆動電圧制御手段は、複極の駆動電圧を出力するとともに各固定子電極および各可動子電極に印加する各相の駆動電圧の極性の組を順次切り換えて可動子を固定子に対して移動させるのであって、各組の駆動電圧の印加を開始した時点で生じるクーロン力の合成成分が、固定子と可動子との対向面に直交する方向では反発力になるように各相の駆動電圧の極性が設定されているのである。

【0009】請求項3では、固定子および可動子は、それぞれ絶縁基板と絶縁基板の表裏両面を全面に亘って覆う一对の絶縁体層との間にそれぞれ導電体層を積層した多層配線板よりなり、絶縁基板の表裏の一面の導電体層には固定子電極または可動子電極となる導電パターンが形成され、各導電体層には固定子電極または可動子電極を各相ごとにまとめて接続する給電ラインが形成されているのである。

【0010】請求項4では、各固定子電極および各可動子電極は、それぞれ直線状の電極素片の一端同士を所定の角度で連結した形状に形成されている。

【0011】

【作用】請求項1の構成によれば、固定子と可動子とにそれぞれ多数の固定子電極と可動子電極とを配列し、固定子電極と可動子電極とに印加する駆動電圧を制御して可動子を移動させるので、可動子の安定位置間の距離は、固定子電極と可動子電極との間隔によって正確に設定されるのである。また、固定子に固定子電極を設けるとともに可動子に可動子電極を設けているので、従来のように、初動時に静電誘導による電荷を可動子に生じさせる必要がなく、初動時と定常動作時とで駆動電圧の制御状態を変更する必要がないのであり、制御が容易になるのである。しかも、固定子電極および可動子電極がそれぞれ所定の間隔で配列されているので、固定子電極と可動子電極との位置関係によって固定子に対する可動子の基準位置を正確に設定できることになる。さらに、固定子電極と可動子電極との配列間隔を互いに異なる寸法に設定し、固定子電極への駆動電圧と可動子電極への駆動電圧とを異なる相数に設定しているので、可動子の安定位置間の距離を、固定子電極と可動子電極とのいずれか小さいほうの間隔よりも小さい距離に設定することが可能になるのである。

【0012】請求項2の構成によれば、各組の駆動電圧の印加を開始した時点で生じるクーロン力の合成成分が、固定子と可動子との対向面に直交する方向では反発力になるように各相の駆動電圧の極性を設定しているので、可動子が固定子に対して移動を開始する際に可動子が固定子から浮上することになり、固定子と可動子との間に生じる摩擦力が小さくなって、印加電圧に対する駆動力を大きくすることができるのである。

4

【0013】請求項3の構成によれば、固定子および可動子をそれぞれ2層の導電体層を有した多層配線板によって形成し、一方の導電体層を固定子電極または可動子電極とし、各導電体層を固定子電極または可動子電極を各相ごとに接続する給電ラインとしているので、既製の多層配線基板の加工技術を用いて精密な加工が可能になるのであり、固定子電極および可動子電極のそれぞれの間隔が正確に設定でき、可動子の移動距離を一層精密に制御できるようになるのである。さらに、2層の導電体層を用いて給電ラインを形成しているから、固定子電極と可動子電極とがそれぞれ複数相であるにもかかわらず、固定子電極および可動子電極を各相ごとに一括して接続するのが容易になるのである。

【0014】請求項4の構成によれば、各固定子電極および各可動子電極を、それぞれ直線状の電極素片の一端同士を所定の角度で連結した形状に形成しているので、固定子と可動子との対向面に平行な面内で、可動子の移動方向に直交する方向において、各電極素片による拮抗した力が作用することになり、可動子の横振れが少なくなるのである。

【0015】

【実施例】（実施例1）本実施例では、固定子電極を3相とし可動子電極を4相としているが、これに限定されるものではなく、相数については各種の組み合わせが可能である。図2および図5に示すように、可動子1および固定子2は、それぞれ多層配線板3を用いてフィルム状に形成され、互に対向するように配置される。多層配線板3は、絶縁基板31の表裏両面にそれぞれ絶縁体層32、33を接着材層36、37を介して積層し、絶縁基板31と各絶縁体層32、33との間にそれぞれ銅箔よりなる導電体層34、35を挟装したものであって、全体として200 μ m程度の厚みのフィルム状に形成されている。絶縁基板31、絶縁体層32、33には、ポリイミドやポリエチレンテレフタレートなどが用いられる。ただし、摩擦による帯電を避けるために、絶縁基板31、絶縁体層32、33などには同一材料を用いる。

【0016】可動子1となる多層配線板3の導電体層34には、図3に示すように、直線帯状に形成した多数の可動子電極11を、互いに平行になるように一定間隔p₁で配列した導電パターンが形成されている。各相の可動子電極11は循環的に配列され、各相をA～D相とすれば、A B C D A B・・・という順に配列される。また、各相の可動子電極11は、導電体層34により形成された給電ライン12に対して、各相ごとにまとめて接続される。ここに、4相のうちの2相の給電ライン12は可動子電極11と同じ導電体層34に形成され、残りの2相の給電ライン12は他の導電体層35に形成される。導電体層35に形成された給電ライン12と可動子電極11とを接続するには、可動子電極11の一端部に

5

設けたランド13の中心に穿孔したスルーホール14を用いてめっきスルーホール法などの周知の方法を適用する。

【0017】固定子2は、可動子1と同様の構成であって、図4に示すように、多層配線板30の導電体層34に直線帯状の多数の固定子電極21を一定間隔 p_1 で配列した導電パターンを有している。各層の固定子電極21は循環的に配列され、各相をE~Gとすれば、EFG EF...という順に配列されるのである。また、各層の固定子電極21は、給電ライン22に対して、各相ごと10にまとめて接続される。ここに、3相のうちの2相の給電ライン22は固定子電極21と同じ導電体層34に形成され、残りの1相の給電ライン22は他の導電体層35に形成される。導電体層35に形成された給電ライン22と、固定子電極21との接続は、可動子1の場合と同様であって、図5に示すように、固定子電極21の両端部に設けたランド23の中心にそれぞれ穿孔したスルーホール24を用いて、めっきスルーホール法などの周知の方法を適用する。このようにして、導電体層35には同相の給電ライン32が2本形成されることになる。

【0018】可動子電極11と固定子電極21とは、
(可動子電極の相数×可動子電極の間隔) = (固定子電極の相数×固定子電極の間隔) という関係が成立するように配列されている。すなわち、 $4 \times p_1 = 3 \times p_2 = u$ になっている。また、固定子電極21の幅は、可動子電極11の幅よりも大きく設定されており、上記す法uの間で、いずれか一つの可動子電極11と固定子電極21との中心同士が対向している状態で、他のいずれかの固定子電極21に可動子電極11の半分程度の面が対向20できるように設定されている。

【0019】可動子1の各給電ライン12および固定子2の各給電ライン22には、図1に示すように、リレー接点等からなるスイッチ要素4を介して直流電源5が接続される。直流電源5は、+V、0、-Vの3種類の電圧を出力し、スイッチ要素4は、各給電ライン22に対して直流電源5の3種類の出力電圧を駆動電圧として選択的に印加する。また、スイッチ要素4の切り換えは、切換制御部6によって制御される。したがって、各給電ライン12、22には、+V、0、-Vのいずれかの電圧が選択的に印加される。換言すれば、各可動子電極11および各固定子電極21には、複極の駆動電圧が印加されるのであって、スイッチ要素4、直流電源5、切換制御部6によって駆動電圧制御手段が構成されるのである。駆動電圧は、可動子電極11および固定子電極21の各相ごとに制御される。

【0020】各相の駆動電圧の印加パターンにはいろいろな形式が考えられるが、たとえば図6に示すような駆動電圧を与えれば、可動子電極11および固定子電極21の極性を図7のように変化させて、可動子1を固定子

6

2に対して移動させることができる。ここで、ABCDは可動子電極11の各相を示し、EFGは固定子電極21の各相を示す。この駆動電圧の印加パターンでは、可動子電極11および固定子電極21のうち中心同士が対向しているものに+Vを印加し、+Vを印加した可動子電極11および固定子電極21に対して図7における左隣の可動子電極11および固定子電極21に-Vを印加する(図7(a)参照)。このように駆動電圧を印加すれば、-Vを印加された可動子電極11と固定子電極21とは中心がずれているために、反発力によって中心の距離を広げる向きに可動子1を移動させる。また、可動子1がu/12だけ移動すると、初めに+Vを印加された可動子電極11および固定子電極21の右隣の可動子電極11および固定子電極21の中心同士が対向することになるから(図7(b)参照)、この時点で駆動電圧を切り換えるようにすれば(図7(c)参照)、図7(a)と同じ形に戻り、以後同様にして可動子1を移動させることができるのである。要するに、各相の駆動電圧の組を{(A, B, C, D), (E, F, G)}とすれば、可動子1がu/12進むごとに、{(-V, +V, 0, 0), (-V, +V, 0, 0)} → {(0, -V, +V, 0), (0, -V, +V, 0)} というように、1相分だけ駆動電圧を偏位させるようにするのである。可動子1を逆向きに移動させる場合には、{(0, +V, -V, 0), (0, +V, -V, 0)} → {(+V, -V, 0, 0), (+V, -V, 0, 0)} というように、初動の向きを逆にするように極性を設定するとともに駆動電圧を偏位させる向きを逆にすればよい。

【0021】上述した駆動電圧の印加パターンによれば、可動子1の移動が開始されるときには、クーロン力の合力について可動子1と固定子2との対向面に直交する方向の成分が反発力になるから、可動子1が固定子2から浮き上がることになり、可動子1と固定子2との間の摩擦力を軽減された状態で可動子1が移動することになる。その結果、摩擦力による駆動力の損失が少なく、印加電圧の大きさに対して駆動力を大きくすることができるのである。

【0022】(実施例2) 実施例1では、可動子1の移動時に主として反発力が作用するように駆動電圧の印加パターンを設定していたが、本実施例では、図8に示すように、固定子電極21に印加する駆動電圧の印加パターンを実施例1とは異なるように設定したことによって、可動子1の移動時に主として吸引力が作用するようにしているものである。他の構成は実施例1と同様である。

【0023】(実施例3) 本実施例は、駆動電圧の印加パターンを図9のように設定したものである。この印加パターンでは、可動子1の駆動時に対向する可動子電極11と固定子電極21との間の電位差が2Vになるように設定しているのであって、可動子1の駆動時に主とし

て反発力が作用する。同じ動作は、複極とする代わりに、 $+2V$ と0、または、0と $-2V$ という組み合わせでも可能である。他の構成は実施例1と同様であるから説明を省略する。

【0024】(実施例4) 上記各実施例では、駆動電圧の波形を矩形状の波形としていたが、この場合には、可動子1の移動開始直後の加速度と停止直前の減速度が大きくなり、乱調や脱調の原因になることがある。そこで、本実施例では、各極性の駆動電圧の波形を、図10のように、正弦波の半サイクルの波形としているのである。このようにすれば、加速と減速とが滑らかになり、乱調や脱調が起こりにくくなるのである。他の構成は実施例1と同様であるから説明を省略する。

【0025】(実施例5) 上記各実施例では、可動子電極11および固定子電極21が直線状に形成されていたが、本実施例では、図11に示すように、可動子電極11および固定子電極21を、直線状の電極素片7の一端同士を所定の角度をなすように連結した略V形に形成している。

【0026】可動子電極11および固定子電極21をこのような形状に形成すれば、可動子1の移動方向に直交する方向に、互いに拮抗する分力が作用するようになり、可動子1の横振れが防止されるのである。他の構成は実施例1と同様であるから説明を省略する。

【0027】

【発明の効果】 上述のように、請求項1の構成によれば、固定子と可動子とにそれぞれ多数の固定子電極と可動子電極とを配列し、固定子電極と可動子電極とに印加する駆動電圧を制御して可動子を移動させるので、可動子の安定位置間の距離は、固定子電極と可動子電極との間隔によって正確に設定されるのである。また、固定子に固定子電極を設けるとともに可動子に可動子電極を設けているので、従来のように、初動時に静電誘導による電荷を可動子に生じさせる必要がなく、初動時と定常動作時とで駆動電圧の制御状態を変更する必要がないのであり、制御が容易になるという利点がある。しかも、固定子電極および可動子電極がそれぞれ所定の間隔で配列されているので、固定子電極と可動子電極との位置関係によって固定子に対する可動子の基準位置を正確に設定できることになる。さらに、固定子電極と可動子電極との配列間隔を互いに異なる寸法に設定し、固定子電極への駆動電圧と可動子電極への駆動電圧とを異なる相数に設定しているので、可動子の安定位置間の距離を、固定子電極と可動子電極とのいずれか小さいほうの間隔よりも小さい距離に設定することが可能になるという効果を奏するのである。

【0028】請求項2の構成によれば、各組の駆動電圧の印加を開始した時点で生じるクーロン力の合成成分が、固定子と可動子との対向面に直交する方向では反発力になるように各相の駆動電圧の極性を設定しているの

で、可動子が固定子に対して移動を開始する際に可動子が固定子から浮上することになり、固定子と可動子との間に生じる摩擦力が小さくなって、印加電圧に対する駆動力を大きくすることができるという利点がある。

【0029】請求項3の構成によれば、固定子および可動子をそれぞれ2層の導電体層を有した多層配線板によって形成し、一方の導電体層を固定子電極または可動子電極とし、各導電体層を固定子電極または可動子電極を各相ごとに接続する給電ラインとしているので、既製の多層配線基板の加工技術を用いて精密な加工が可能になるのであり、固定子電極および可動子電極のそれぞれの間隔が正確に設定でき、可動子の移動距離を一層精密に制御できるようになるのである。さらに、2層の導電体層を用いて給電ラインを形成しているから、固定子電極と可動子電極とがそれぞれ複数相であるにもかかわらず、固定子電極および可動子電極を各相ごとに一括して接続するのが容易になるという効果がある。

【0030】請求項4の構成によれば、各固定子電極および各可動子電極を、それぞれ直線状の電極素片の一端同士を所定の角度で連結した形状に形成しているので、固定子と可動子との対向面に平行な面内で、可動子の移動方向に直交する方向において、各電極素片による拮抗した力が作用することになり、可動子の横振れが少なくなるのである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例を示す概略構成図である。

【図2】 実施例の要部断面図である。

【図3】 実施例に用いる可動子を示す平面図である。

【図4】 実施例に用いる固定子を示す平面図である。

【図5】 実施例に用いる可動子の要部断面図である。

【図6】 実施例1の駆動電圧の印加パターンを示す動作説明図である。

【図7】 実施例1の動作説明図である。

【図8】 実施例2の駆動電圧の印加パターンを示す動作説明図である。

【図9】 実施例3の駆動電圧の印加パターンを示す動作説明図である。

【図10】 実施例4の駆動電圧の印加パターンを示す動作説明図である。

【図11】 実施例5に用いる固定子を示す平面図である。

【図12】 従来例の動作説明図である。

【符号の説明】

- 1 可動子
- 2 固定子
- 3 多層配線板
- 4 スイッチ要素
- 5 直流電源
- 6 切換制御部
- 7 電極素片

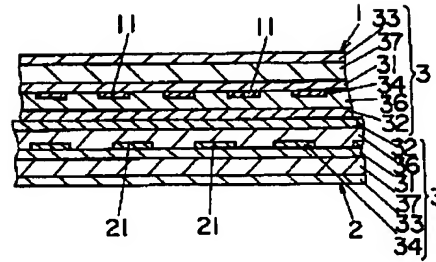
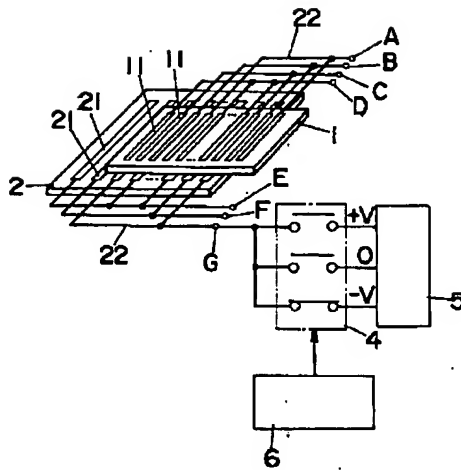
- 11 可動子電極
- 12 給電ライン
- 21 固定子電極
- 22 給電ライン
- 31 絶縁基板

- 32 絶縁体層
- 33 絶縁体層
- 34 導電体層
- 35 導電体層

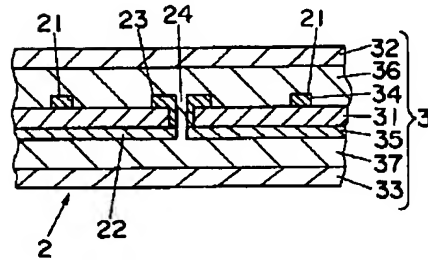
【図1】

【図2】

- 1 可動子
- 2 固定子
- 4 スイッチ要素
- 5 直流電源
- 6 切換制御部
- 11 可動子電極
- 21 固定子電極

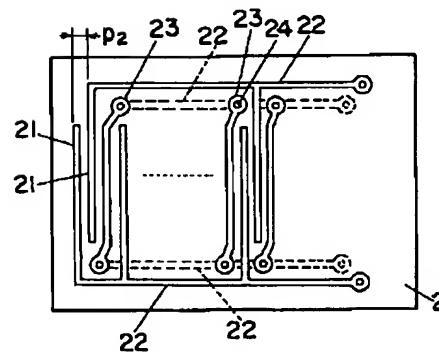
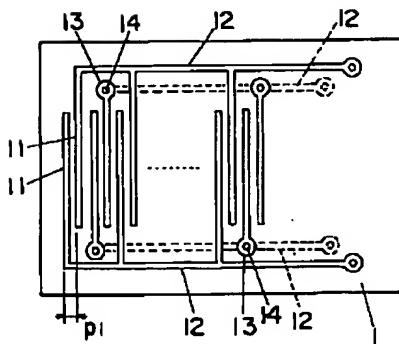


【図5】

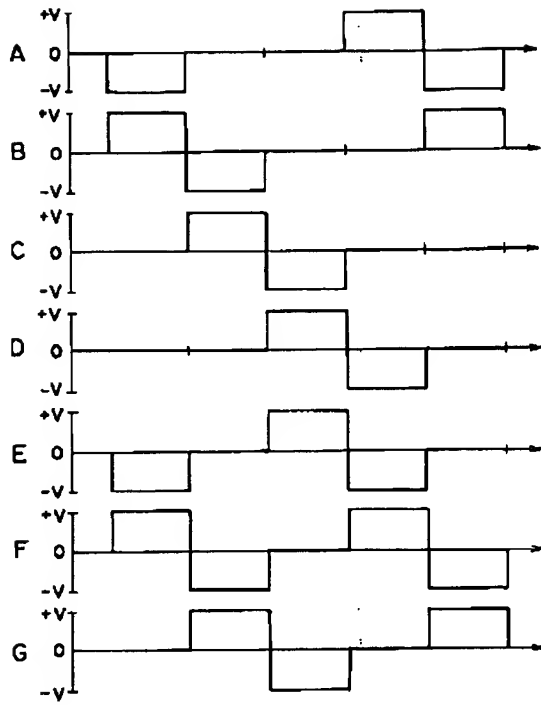


【図3】

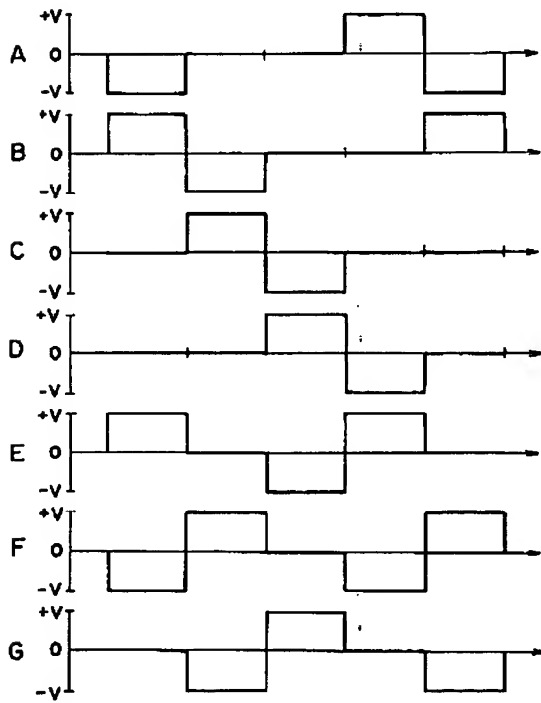
【図4】



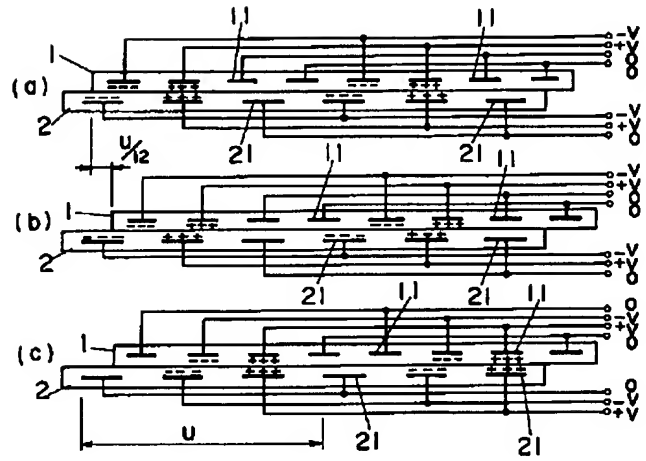
【図6】



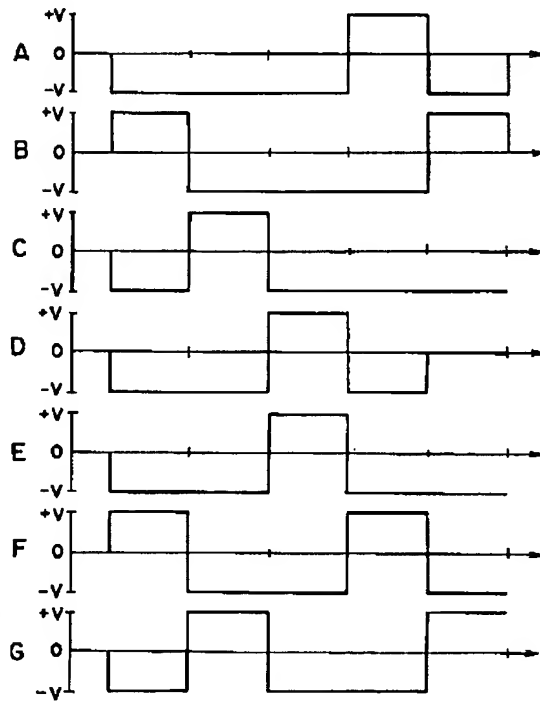
【図8】



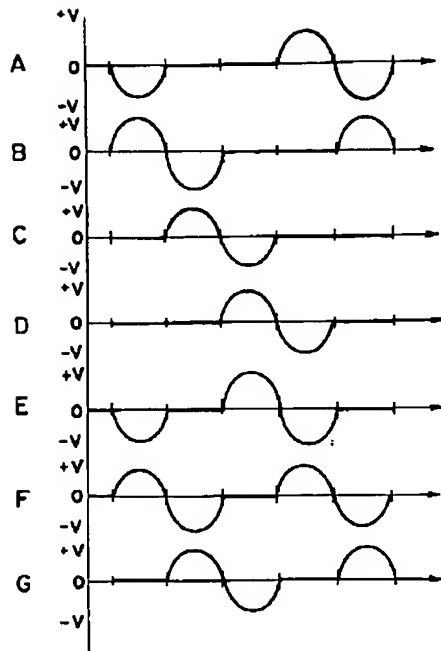
【図7】



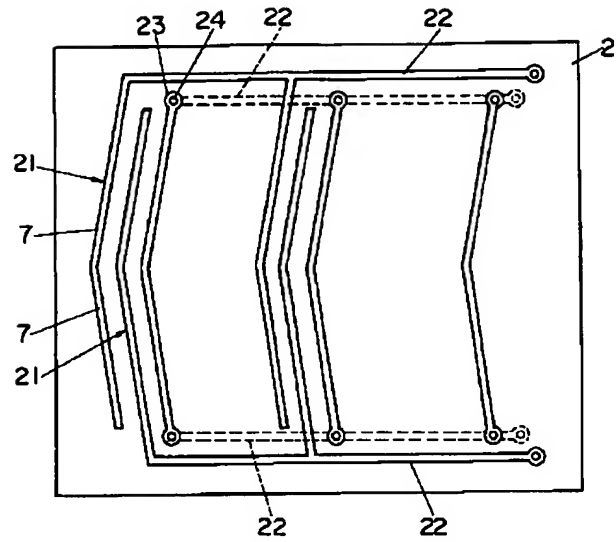
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

